

*Рябов А.В.*

ФГБОУ ВПО ЮУрГУ (НИУ), г. Челябинск

*avrmetail@ya.ru*

*Панфилов А.М., Семенова Н.С.*

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет

им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург

*amp@mtf.ustu.ru, lyamkinans@gmail.com*

## **МЕТОДИКА РЕНТГЕНТЕЛЕВИЗИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ВИСМУТОВОЙ ДРОБИ В СТАЛЬНОМ РАСПЛАВЕ\***

В настоящее время в сталеплавильном производстве используют известный технологический прием по введению легирующих элементов, например висмута, в процессе разливки стали. Но высокая упругость пара, низкая растворимость висмута, сложность его введения в сталь, неустойчивость достигаемых результатов его усвоения и, следовательно, получаемого при легировании эффекта и вызвали необходимость данного исследования.

Работа выполнена на установке кафедры теории металлургических процессов Института материаловедения и металлургии ФГАОУ ВПО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», включающей печь с контролируемой атмосферой специальной конструкции с рентгено-телевизионной системой наблюдения.

Разработана методика исследования поведения легирующих добавок, внедряемых в жидкую сталь в виде шариков, диаметром 5–10 мм. Наблюдение осуществляли с помощью просвечивающей рентгеновской установки РУП 150/300 с записью изображения, передаваемого высокочувствительной матричной телевизионной камерой со скоростью 30 кадров в секунду. Размер видимой области на объекте 47х36 мм, размер элемента изображения 0,13 мм с 256 градациями серого.

Необходимым условием реализации методики является разница плотностей стали и добавки, не менее 3–4 %. Для повышения качества изображения использовали специальный тигель прямоугольной формы шириной 13–14 мм в направлении проникающего излучения и ряд дополнительных методических приемов. Сбрасыванием шариков в расплав

---

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 13-08-00638.

управляли дистанционно из соседнего помещения, не прерывая наблюдения и не нарушая герметичности печи.

Исследовано внедрение висмутовых шариков в расплавленную сталь 40Х при температуре 1550–1570 °С в атмосфере гелия под давлением 1 атм. Проведено три опыта, в каждом из которых сбрасывали в стальной расплав 7–8 висмутовых шариков. Визуально наблюдали временами весьма интенсивное кипение висмута, находящегося под слоем стали. Форма границы раздела между ванной жидкого висмута на дне тигля и стальным расплавом над ней свидетельствует об очень низком межфазном натяжении между несмешивающимися металлическими фазами и о сравнительно высокой адгезии висмута к оксидному огнеупору.

Полученные после опытов слитки подвергали оценке качества (проводили химический анализ, оценку характера и формы неметаллических включений, осуществляли контроль по макро- и микроструктуре). Содержание висмута в стали контролировали по высоте и сечению слитка на атомно-эмиссионном спектрометре Perkin-Elmer Optima 2100 DV на кафедре физической химии ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ), г. Челябинск. Состав неметаллических включений изучали при увеличении 100...2 000 с помощью растрового электронного микроскопа с термополевой эмиссией Jeol JEM7001F с энергодисперсионным анализатором Oxford INCA X-Max 80.